

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

M7-025 PENGARUH VARIASI ARUS LISTRIK DC PADA AKTUATOR NiTi WIRE SM495 TERHADAP KECEPATAN GERAK MENUTUP GRIPPER

Tjuk Oerbandono, Fathur Rokhman Hidayat

Jurusan Teknik Mesin
Universitas Brawijaya Malang
Jl. MT Haryono 167, Malang, 65145
Phone: 0341-587710, Fax: 0341-551430
E-mail: toerbandono@yahoo.de

Abstrak

Penelitian ini merupakan kelanjutan dan aplikasi dari penelitian yang pernah peneliti lakukan terhadap aktuator berbahan NiTi SM495. Penelitian sebelumnya bertujuan untuk memperoleh karakteristik NiTi Wire SM495 sebagai bahan dasar aktuator. Pada penelitian ini NiTi Wire SM495 digunakan sebagai aktuator (penggerak) pada suatu desain gripper. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi arus listrik DC terhadap kecepatan gerak menutup gripper serta untuk mengetahui karakteristik kerja gripper tersebut. Penelitian ini bersifat true experimental research dengan variabel bebas berupa variasi arus listrik DC dan variabel terikat yang diukur adalah kecepatan gerak menutup gripper serta perubahan temperatur bahan aktuator. Bahan yang digunakan adalah NiTi Wire SM495 dan suatu desain gripper dari bahan Polymer. Sebelum NiTi Wire SM495 diletakkan pada gripper perlu dilakukan pemberian memory dengan cara pemberian panas. Hasil percobaan yang diperoleh berupa waktu menutup gripper dan jarak perpindahan dari gripper yang kemudian diolah menjadi data kecepatan gerak menutup gripper. Hasilnya variasi arus listrik DC sangat berpengaruh terhadap kecepatan gerak menutup gripper.

Kata Kunci : NiTi wire SM495, aktuator, gripper

1. Pendahuluan

Bidang robotika merupakan gabungan antara mekanik dan elektrik memiliki suatu bagian yang disebut dengan *gripper*. *Gripper* adalah alat untuk memegang atau mengambil suatu benda, benda yang harus diambil atau dipegang tidak selalu berukuran sama, yaitu mulai benda berukuran besar bahkan sampai dengan *micrometer*. *Gripper* dibuat sesuai dengan kebutuhannya dan digerakkan oleh suatu sistem yang disebut dengan *actuator*. *Actuator* mempunyai beberapa macam tipe yaitu *electrostatic, magnetic, thermal, piezo electric, pneumatic, hydraulic piston, electric motor, shape memory alloy (SMA)*.

Dalam perkembangannya dibutuhkan suatu *actuator* yang berukuran *micrometer*. Untuk mencapai hal tersebut dibutuhkan suatu penelitian yang berkelanjutan, dimulai dengan *actuator* dengan tingkat ketelitian *millimeter* sampai *micrometer*. Dari berbagai macam *actuator* yang ada, maka yang paling sesuai untuk ukuran *millimeter* maupun *micrometer* adalah *actuator* berbasis *shape memory alloy (SMA)* (J. Peirs et. Al., 2001).

Penelitian ini membahas *gripper* dengan *actuator* berbahan *Shape Memory Alloy (SMA)* yang biasa disebut dengan *smart material*. SMA merupakan suatu material yang

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

mempunyai kemampuan unik yaitu dapat kembali ke bentuk semula apabila dipanaskan pada temperatur tertentu, sehingga hal ini dapat dimanfaatkan untuk *actuator* (Marek N.,2001). SMA memiliki berbagai macam jenis salah satunya adalah NiTinol (*Nickel-Titanium Naval Ordnance Laboratory*) yang biasa dikenal dengan NiTi (Buehler et al, 1967). Keunggulan lain dari material ini adalah ketstabilan dalam menerima tegangan sehingga mampu menahan gaya dan tekanan dari luar, atau meminimalkan deformasi/defleksi (Lin, Richard, 2006).

Memberikan perubahan temperatur yang baik merupakan salah satu kendala yang harus diselesaikan, dikarenakan NiTi memiliki konduktivitas thermal yang rendah. Hal ini menyebabkan NiTi tidak bisa jika dipanasi pada satu titik saja, sehingga harus dipanasi pada seluruh bagian secara merata. Beberapa penelitian akhirnya menemukan suatu solusi dalam pemberian panas secara merata yaitu dengan menggunakan arus listrik. Panas yang dihasilkan pada NiTi ini bergantung dari berbagai macam faktor seperti panjang dan diameter material, resistivitas, dan juga *properties* dari arus listrik yang digunakan. Hal ini bedasarkan pada penelitian sebelumnya yaitu semakin besar daya listrik yang digunakan dan semakin lama arus listrik mengalir menyebabkan perubahan *elongation* dan *stiffness* pada NiTi *wire* semakin besar. Penelitian yang telah dilakukan sebatas pengujian material NiTi saja, sehingga untuk penerapan pada suatu aplikasi diperlukan penelitian lebih lanjut. Atas dasar tersebut dilakukan penelitian mengenai pengaruh variasi arus listrik DC pada NiTi *wire* SM 495 terhadap kecepatan respon *gripper*.

Batasan masalah pada penelitian ini adalah berikut :

- Arus listrik yang digunakan adalah jenis arus DC.
- Besar tegangan yang digunakan adalah konstan yaitu 6 Volt.
- Variasi arus listrik yang digunakan adalah 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 Ampere.
- Material yang digunakan adalah NiTi SM 495 dengan diameter 1 mm.
- Perpindahan panas secara konveksi dan radiasi diabaikan, karena dianggap tidak berpengaruh signifikan.
- Pengukuran kecepatan respon dilakukan dengan kamera.
- Desain gripper telah ditentukan sesuai spesifikasi.
- Bahan gripper dari bahan *polymer*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi arus listrik DC pada NiTi *wire* SM495 terhadap kecepatan respon gripper.

2. Tinjauan Pustaka

Penelitian sebelumnya tentang pengaruh variasi daya listrik dan waktu alir arus listrik terhadap *elongation* dan *stiffness* NiTi *wire* SM495 sebagai dasar perencanaan aktuator. Dalam penelitian tersebut digunakan arus listrik AC dengan variasi daya listrik sebesar 12, 18 dan 25V dengan pemberian beban sebesar 400 g pada NiTi *wire* SM495 sepanjang 8cm. Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa semakin besar daya listrik yang digunakan serta semakin lama arus listrik yang mengalir menyebabkan perubahan *elongation* dan *stiffness* pada NiTi *wire* semakin besar.

J. Peirs et. Al. (2001) meneliti tentang kemampuan *shape memory alloys (SMAs)* untuk diaplikasikan sebagai *micro actuator*. Dalam penelitian ini diteliti tiga macam tipe aktuator yaitu *shape memory alloy (SMA)*, hidrolik dan elektromagnetik untuk menggerakkan manipulator dan beberapa peralatan. Kesimpulan yang bisa diperoleh

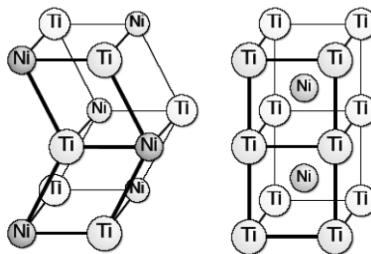
bahwasanya *SMA* adalah aktuator terbaik dari tiga macam aktuator yang telah diteliti. *SMA* memiliki kecepatan dan tenaga yang ideal untuk peralatan yang berukuran millimeter.

Featherstone(2004) meneliti cara meningkatkan kecepatan reaksi aktuator *SMA* dengan mempercepat pemberian arus listrik. Pada penelitian tersebut digunakan flexinol 0.1mm dengan variasi arus listrik. Kesimpulannya panas yang terjadi dapat diperoleh dengan menentukan arus yang tepat sehingga tidak terjadi overheating.

Shape Memory Alloys (SMAs)

Penemuan awal *SMAs* dilakukan oleh A. lander pada tahun 1932 yang menemukan sifat *pseudoelastic* pada alloy Au-Cd. Sehingga penelitian dikembangkan terus menerus, dan akhirnya Buehler pada awal tahun 1960 di U.S. Naval Ordnance Laboratory menemukan *shape memory effect* dalam *alloy* nickel titanium yang mana bisa disebut dengan *shape memory material*. Alloy ini dinamakan NiTinol (Nickel-Titanium Naval Ordnance Laboratory). *SMAs* mempunyai kemampuan yang unik yaitu dapat kembali ke bentuk semula. Hal ini terjadi apabila terdapat perubahan temperatur.

SMAs seperti Ni-Ti, Ag-Cd, Au-Cd, Cu-Al-Ni dan lainnya, merupakan suatu material yang mempunyai kemampuan untuk kembali ke bentuk semula akibat pengaruh temperatur. Pada material ini perubahan temperatur 10° C telah cukup untuk menyebabkan terjadinya perubahan fase. Dua fase yang eksis pada *SMAs* adalah martensit dan austenit. Gambar 1 menunjukkan bentuk struktur kristal yang terjadi pada *SMAs*.

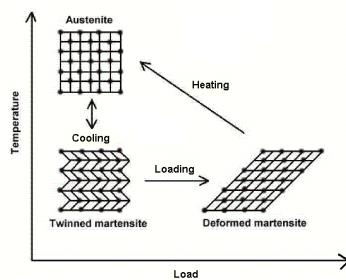


Gambar 1 : Fase martensit dan austenit pada *SMAs*

Sumber : Texas A&M SMART Lab - <http://smart.tamu.edu/>

Shape Memory Effect (SME)

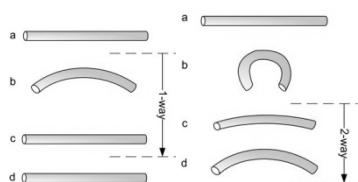
SME terlihat ketika temperatur dari *SMAs* diturunkan sampai di bawah temperatur *Mf*. Pada tahap ini paduan tersusun oleh martensit yang secara mudah dapat terdeformasi. Setelah perubahan bentuk akibat deformasi, bentuk awal dari material akan didapat kembali dengan cara memberikan pemanasan sampai di atas temperatur *Af*. Perpindahan panas ke material adalah energi untuk menggerakkan pembentukan ulang molekular dari paduan, mirip pemanasan untuk pencairan es kedalam air. Setelah itu martensit yang terdeformasi akan bertransformasi menjadi *cubic austenit phase*, yang merupakan formasi bentuk awal/*parent shape* dari material (Gambar 2)



Gambar 2 : Prinsip kerja dari *shape memory effect*
Sumber : Oulu University-<http://herkules.oulu.fi/>

Klasifikasi dari SME

SME secara umum dapat dikategorikan menjadi *one-way memory effect (OWME)* dan *two-way memory effect (TWME)*. Perbedaanya secara umum adalah pada jenis *memory* yang mampu diingat. Untuk *OWME* *memory* yang mampu diingat adalah satu jenis bentukan yang diberikan pada temperatur tinggi (di atas A_f). Sedangkan untuk *TWME* terdapat dua jenis *memory* yang mampu diingat, yaitu pada temperatur tinggi (di atas A_f) dan pada temperatur rendah (dibawah temperatur M_f). Berikut adalah gambar yang menunjukkan perbandingan antara *OWME* dan *TWME*.



Gambar 3 : One-way dan two-way memory effect Sumber : http://en.wikipedia.org/wiki/Shape_memory_alloy

Pada Gambar 3 prosedur yang digunakan untuk terbentuk *OWME* dan *TWME* adalah sama yaitu :

- Dimulai dari martensit
- Diberikan deformasi baik *OWME* maupun *TWME*
- Pemanasan (*heating*)
- Pendinginan (*cooling*)

One-way memory effect

Pada *OWME*, material mengalami deformasi permanen kemudian bila material atau spesimen dipanaskan diatas temperatur transisi (TT) maka material akan kembali seperti sebelum terjadinya deformasi. Temperatur transisi pada material ini tergantung pada jenis paduan dan besar beban yang diberikan dalam kondisi fase martensit. Deformasi plastis yang diberikan sampai 8% akan dapat dihilangkan jalan memberikan temperatur di atas A_f . Fenomena ini bisa terjadi karena meskipun telah mengalami deformasi plastis, deformasi

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

tersebut sebenarnya masih berada di bawah *true yield stress* dari SMAs sehingga material mampu kembali ke bentuk semula.

Paduan Nikel Titanium (NiTi)

Nikel Titanium (NiTi) adalah bahan paduan antara nikel dan titanium, dan memiliki nama dagang NiTinol. Perbandingan minimal dari nikel dan titanium adalah 50 : 50. Selanjutnya jumlah nikel bisa ditingkatkan dengan komposisi titanium menyesuaikan. Untuk jenis material SM 495, komposisinya ditambah dengan oksigen dan karbon dengan prosentase sebesar : Oksigen (max) : 0.05 wt dan karbon (max) 0,02 wt. Sedangkan pada beberapa jenis material, ditambahkan logam paduan lain seperti Cu dan Fe untuk mendapatkan sifat sesuai dengan desain yang direncanakan (Michal Vasina 2006).

Robot dan Gripper

Dalam robotika ada suatu bagian akhir dari lengan robot yang disebut dengan *tools (gripper)*. Bentuk dan ukuran dari suatu *gripper* bergantung pada tujuan atau aplikasi yang diinginkan. *Gripper* digerakkan oleh berbagai macam penggerak yang disebut dengan aktuator. Umumnya *gripper* yang berukuran besar dan sedang digunakan untuk mengambil atau memindahkan suatu benda dengan kekuatan yang besar. Bahkan ada yang digunakan untuk mengencangkan baut ataupun sekrup. *Gripper* digerakkan oleh berbagai macam penggerak yang disebut dengan aktuator. Hal ini semua bergantung pada tujuan akhir dari gripper tersebut. Perkembangan *gripper* tidak hanya pada *gripper* yang berukuran besar bahkan sudah mulai mencapai tingkat *nanometer*. Terdapat 3 hal penting dalam membuat ataupun mendesain gripper yaitu tipe gripper, ukuran dan panjang gripper serta percepatan (www.grippers.com).

Konsep Dasar Aktuator

Agar dapat mendefinisikan dengan tepat tentang definisi dari aktuator, terdapat beberapa pengertian dasar dari aktuator. Diantaranya adalah :

1. Sebuah alat yang berfungsi untuk menggerakkan/ menjalankan peralatan mekanik yang telah di integrasikan/ dikoneksikan dengan komputer melalui sensor (www.answer.com).
2. Instrumen mekanik, pneumatik, hidrolik ataupun peralatan elektronik yang memberikan efek gerakan secara mekanik untuk merespon sebuah masukan/*input* (www.power-technology.com).
3. Mekanisme yang menyebabkan sebuah peralatan dapat hidup, mati, disetel/ diatur atau bergerak (www.pc当地.com).
4. Sebuah mekanisme yang menyebabkan suatu sistem bekerja secara otomatis (www.dictionary.die.net).

Kecepatan Rata-rata dan Kecepatan Sesaat

Gambar 4 menunjukkan Suatu kedudukan partikel yang bergerak sepanjang garis lengkung. Perpindahannya ketika partikel tersebut bergerak dari P ke Q akan membentuk vektor Δs . Seperti halnya gerak lurus, kecepatan partikel itu didefinisikan sebagai jarak pergeseran (*displacement*) (Δs) dibagi selang waktu (Δt). Sehingga kecepatan rata-rata partikel itu (\bar{v}) adalah jumlah kecepatan total dibagi banyaknya kecepatan.

$$\text{Kecepatan rata-rata } \bar{v} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n} \quad (1) \text{ (Sears & Zemansky, 1962: 121)}$$

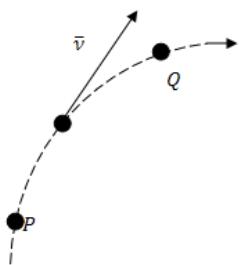
keterangan :

\bar{v} = kecepatan rata-rata (ms^{-1})

$\sum v_i$ = jumlah kecepatan (ms^{-1})

n = banyaknya data pengukuran
kecepatan

Kecepatan rata-rata adalah suatu besaran vektor, yang sama arahnya dengan vektor Δs . Karena ada hubungannya dengan pergeseran seluruh Δs , vektor \bar{v} digambarkan di sebuah titik pertengahan antara P dan Q (Gambar 4).



Gambar 4 : Kecepatan rata-rata antara titik P dan Q

Sumber : Sears & Zemansky, 1962 : 121

Arus listrik

Aliran-aliran elektron yang bergerak dari kutub negatif ke kutub positif biasa disebut dengan arus listrik. Tetapi dalam bidang elektronika sering diasumsikan bahwa arus listrik mengalir dari kutub positif ke kutub negatif. Besarnya arus listrik diukur dengan satuan banyaknya elektron tiap detik, namun demikian ini bukan satuan yang praktis karena harganya terlalu kecil. Satuan yang dipakai adalah ampere (A).

Electric Resistance

Pemanasan listrik merupakan suatu proses yang mana merubah energi listrik menjadi energi panas. Hal ini disebabkan karena adanya hambatan atau resistor yang bekerja sesuai dengan prinsip *Joule heating*. *Joule heating* juga dikenal dengan *ohmic heating* dan *resistive heating* adalah suatu proses yang mana arus listrik melepaskan panas ketika melewati suatu konduktor. Pertama kali dipelajari oleh James Prescott Joule pada tahun 1841 dengan cara mencelupkan sepotong kawat ke dalam bejana berisi air dan mengukur kenaikan temperaturnya yang mana berkaitan dengan aliran arus yang mengalir pada kawat selama 30 menit. Dengan merubah-rubah arus dan panjang kawat dapat disimpulkan bahwa panas yang dihasilkan berbanding lurus dengan *electrical resistance* dari kawat dikalikan dengan kwadrat arus. Hal ini biasa dikenal dengan hukum pertama

Joule. Sekarang diketahui bahwa *Joule heating* disebabkan oleh interaksi antara pergerakan partikel-partikel yang membentuk arus (elektron) dan ion-ion atom yang terdapat pada konduktor.

Shape Memory Alloys Aktuator

Shape memory alloys aktuator adalah instrumen pengontrol sebuah sistem yang memanfaatkan sifat *shape memory effect* pada material *SMA*s dalam menjalankan fungsinya. Keunggulan desain aktuator dengan menggunakan *SMA*s adalah ringan, tidak memerlukan pelumasan dan aman dari pengaruh *noise* lingkungan kerja. Keunggulan lain yang tak kalah pentingnya dari aktuator berbahan dasar *SMA*s adalah kemampuannya untuk berfungsi secara ganda, yaitu sebagai sensor maupun aktuator. Dalam hal ini *SMA*s akan menerima stimulus berupa perubahan temperatur dari lingkungan, kemudian meresponnya dengan sebuah *action*, akibat dari perubahan struktur mikro pada *SMA*s.

Hipotesis

Semakin besar arus listrik yang diberikan pada material *NiTi wire* menyebabkan jumlah energi listrik yang diubah menjadi energi panas semakin besar. Bertambahnya energi panas tersebut menyebabkan terjadinya perubahan kecepatan gerak menutup gripper menjadi semakin besar pada *NiTi Wire*.

Metodologi dan Peralatan Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian eksperimental (*experimental research*).

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. *Power Supply*

Power Supply yang digunakan memakai *transformator* sebesar 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 A. Dengan keluaran arus DC.

2. Sensor dan peralatan pendukung lainnya

a. *Thermocouple*

Thermocouple yang digunakan adalah tipe K. *Thermocouple* ini digunakan untuk mengubah besaran fisik berupa temperatur menjadi besaran elektrik berupa tegangan listrik.

b. ADC 10 bit

Data analog dari sensor yang telah dikuatkan oleh *amplifier* selanjutnya di konversi dari analog ke digital agar dapat dibaca komputer dengan bantuan *software*.

c. *Personal Computer (PC)*

Personal Computer (PC) digunakan untuk menerima, merekam dan memproses sinyal dari sensor setelah mengalami pengkonversian sinyal dari analog menjadi sinyal digital pada ADC. Komputer juga digunakan untuk menyimpan data dalam bentuk file.

d. *Distance Sensor*

Distance Sensor yang digunakan adalah merk Sharp dengan spesifikasi GP2D 12IR. Sensor ini terdiri dari *transmitter* dan *receiver* yang berfungsi untuk mengukur besarnya perubahan jarak yang terjadi pada spesimen.

3. Amperemeter

Digunakan untuk mengukur besarnya arus atau tegangan yang keluar.

4. Pemegang

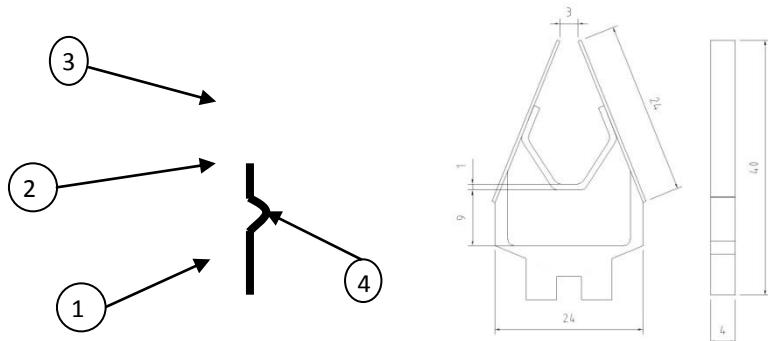
Digunakan untuk memegang NiTi wire pada gripper.

5. Handycam

Digunakan untuk mengamati dan mengambil data perubahan jarak dan kecepatan, sebagai validasi.

Dimensi dan Bahan Benda Kerja

Dimensi dan gambar benda kerja dapat dilihat pada gambar 5.

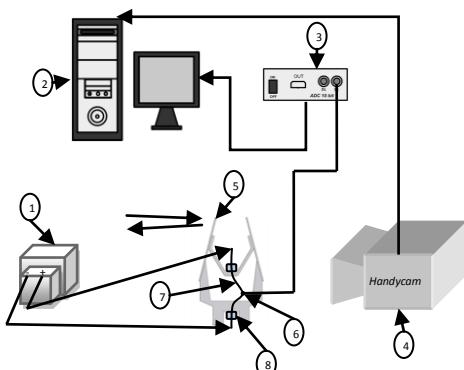


Gambar 5 : Gripper (satuan mm)

Keterangan : 1 = bagian base (plastik Nylon dengan tebal 4 mm); 2 = bagian tengah (plastik acrylic dengan tebal 1 mm); 3 = bagian penjepit (plastik mika dengan tebal 0,5 mm) ; 4 = aktuator NiTi wire SM495

Pengambilan data dengan kamera :

1. Hasil dari kamera merupakan gambar bergerak (video) dalam durasi waktu tertentu, kemudian dirubah menjadi gambar tidak bergerak (foto) dimana setiap 1 detik dirubah menjadi 10 gambar tidak bergerak menggunakan software komputer.
2. Pengambilan data dibagi menjadi 2 macam yaitu pertama untuk hasil kamera yang berupa video diambil waktu menutupnya dengan satuan detik.
3. Yang kedua untuk hasil kamera yang berupa foto, menghitung jaraknya dengan menggunakan software komputer dengan perbandingan kertas millimeter.



Gambar 6 : Skema Instalasi Penelitian

Keterangan : 1. Power Supply DC, 2. Personal Computer(PC), 3. ADC, 4. Handycam 5. Gripper, 6. Thermocouple

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

3. Analisa Data dan Pembahasan

Data hasil penelitian pengaruh variasi arus listrik DC pada NiTi wire SM495 terhadap kecepatan gerak menutup gripper, diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 1. Data hasil pengaruh variasi arus listrik DC pada NiTi wire SM495 terhadap kecepatan gerak menutup gripper

Ulangan	Variasi Arus Listrik (A)						
	2	3	4	5	6	7	
	Kecepatan gerak menutup gripper (mm/s)						
1	0,036	0,047	0,056	0,205	0,390	1,150	
2	0,033	0,066	0,081	0,173	0,555	2,220	
3	0,035	0,057	0,070	0,202	0,363	1,917	
4	0,030	0,057	0,071	0,167	0,535	1,643	
5	0,029	0,053	0,078	0,146	0,635	1,413	

Analisis Varian

Hasil pengolahan data pengujian pengaruh variasi arus listrik DC pada NiTi wire SM495 terhadap kecepatan gerak menutup gripper tersebut kemudian dilakukan analisis statistik dengan menggunakan analisis varian satu arah. Dengan analisis varian satu arah akan diketahui ada tidaknya pengaruh variasi arus listrik DC pada NiTi wire SM495 terhadap kecepatan gerak menutup gripper. Hipotesis yang digunakan dalam analisis statistik ini adalah:

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_i$ (tidak ada pengaruh variasi arus listrik DC pada NiTi wire SM495 terhadap kecepatan gerak menutup gripper)

$H_1 : \text{paling sedikit satu } \mu_i \neq 0$ (ada pengaruh variasi arus listrik DC pada NiTi wire SM495 terhadap kecepatan gerak menutup gripper)

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi arus listrik DC pada NiTi wire SM495 terhadap kecepatan gerak menutup gripper. Dari perhitungan statistik didapatkan tabel sebagai berikut:

Tabel 2 Analisis varian variasi arus listrik DC pada NiTi wire SM495 terhadap kecepatan gerak menutup gripper

Kelompok	Banyaknya Data tiap Kolom	Total	Rata-rata
Kolom 1	5	0,164095	0,032819
Kolom 2	5	0,27924	0,055848
Kolom 3	5	0,355621	0,071124
Kolom 4	5	0,892917	0,178583
Kolom 5	5	2,478333	0,495667
Kolom 6	5	8,342024	1,668405

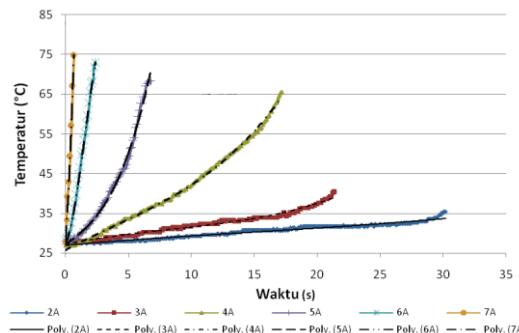
ANOVA

Sumber Varian	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Rata-Rata Kuadrat	F Hitung	F Tabel
Rata-rata Kolom	10,1335	5	2,026701	64,25811147	2,620654
	0,75696	24	0,03154		
	10,89046	29			

Dari Tabel 2 tersebut disimpulkan:

$F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, ini berarti bahwa variasi arus listrik DC pada NiTi wire SM495 berpengaruh terhadap kecepatan gerak menutup gripper. Dari kesimpulan diatas terlihat bahwa variasi arus listrik DC pada NiTi wire SM495 mempunyai pengaruh yang nyata terhadap kecepatan gerak menutup gripper dengan tingkat keyakinan 95%.

Hubungan Waktu dengan Perubahan Temperatur

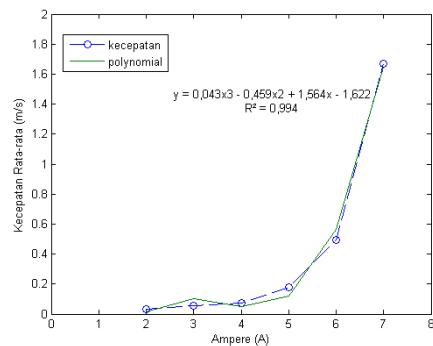


Gambar 7 Grafik Hubungan Waktu dengan Perubahan Temperatur Rata-rata

Pada Gambar 7 ditunjukkan grafik hubungan waktu dengan perubahan temperatur yang terjadi ketika NiTi diberi arus listrik. Terlihat bahwasanya perubahan temperatur tertinggi ketika NiTi wire SM495 dialiri arus listrik DC sebesar 7 A yaitu untuk mencapai temperatur $\pm 74,67$ °C dibutuhkan waktu $\pm 0,7$ detik, sedangkan perubahan temperatur terendah pada saat arus listrik DC sebesar 2 A yaitu untuk mencapai temperatur $\pm 35,33$ °C dibutuhkan waktu $\pm 30,2$ detik.

Hal ini disebabkan karena adanya interaksi antara pergerakan partikel-partikel yang membentuk arus (elektron) dan ion-ion yang terdapat pada konduktor, dikenal dengan *Joule heating*. Pergerakan tersebut menandakan adanya konversi energi listrik menjadi energi panas. Semakin besar energi listrik yang diberikan, maka pergerakan elektron dan ion-ion akan semakin sering, sehingga menimbulkan energi panas yang lebih besar. Perubahan temperatur yang berbeda pada tiap arus listrik menyebabkan kecepatan perubahan transformasi fase yang berbeda. Hal ini akan mempengaruhi perubahan kecepatan yang terjadi.

3.2 Hubungan antara arus listrik dengan kecepatan rata-rata gerak menutup gripper



Gambar 8 Grafik Hubungan antara Arus Listrik DC dengan Kecepatan Rata-rata Gerak Menutup Gripper

Gambar 8 menunjukkan grafik hubungan antara arus listrik dengan kecepatan rata-rata gerak menutup gripper. Variasi arus listriknya adalah 2, 3, 4, 5, 6 dan 7A. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa kecepatan rata-rata tertinggi adalah ketika menggunakan arus listrik DC sebesar 7A, sedangkan kecepatan rata-rata terendah pada arus listrik sebesar 2A. Hal ini disebabkan karena semakin besar arus listrik yang digunakan maka semakin besar energi panas yang dikeluarkan sehingga menyebabkan kenaikan temperatur yang berbeda.

Terdapat 2 fase dalam *NiTi Wire* SM495 yaitu martensit dan austenit. Memory yang diberikan pada *NiTi* terekam pada saat fase austenit. Ketika diberikan energi panas *NiTi* akan berubah fase dari martensit menjadi austenit dan pada saat didinginkan fase *NiTi* berubah kembali menjadi martensit. Perbedaan kecepatan rata-rata gerak menutup gripper disebabkan oleh perbedaan kecepatan transformasi fase yang terjadi. Semakin cepat energi transformasi terpenuhi, maka transformasi fase yang terjadi akan semakin cepat. Transformasi fase pada *NiTi Wire* SM495 tergantung pada pencapaian temperatur transformasinya.

4. Kesimpulan

Dari data hasil pengolahan dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi arus listrik yang diberikan pada *NiTi Wire* SM495 maka semakin besar energi panas yang terjadi. Perbedaan energi panas yang diberikan menyebabkan perubahan kenaikan temperatur yang berbeda. Kenaikan temperatur yang berbeda menyebabkan perubahan transformasi yang berbeda-beda serta menyebabkan perubahan bentuk dari *NiTi wire* SM495 sehingga menimbulkan energi mekanik dan menyebabkan terjadinya kecepatan gerak menutup gripper yang berbeda. Ringkasnya semakin tinggi arus listrik yang diberikan pada *NiTi wire* SM495 menyebabkan semakin tinggi kecepatan gerak menutup gripper.

Daftar Pustaka

- Anonim.2005. *Shape Memory Alloy*. <http://www.hercules.oulu.fi/> diakses tanggal 13 Oktober 2007
- Anonim.2006a. *Stress Strain Diagram for Ductile Material*. <http://www.sci.engrmetallurgy.org/> diakses tanggal 3 November 2007
- Anonim.2006b. *Superelasticity on SMAs*. <http://www.sma.com>. Diakses tanggal 20 September 2007

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

- Anonim.2006c. Austenit & Martensite phase on SMAs. <http://smart.tamu.edu/> diakses tanggal 13 Oktober 2007
- Anonim.2006d. *Austenit & Martensite* phase on SMAs. <http://smart.tamu.edu/> diakses tanggal 13 Oktober 2007
- Anonim.2006e. *What is an Actuator.* <http://www.wisegeek.com/what-is-an-actuator.htm> diakses tanggal 2 Januari 2009
- Anonim.2007f. *Base Actuator.* <http://www.answer.com> diakses tanggal 3 November 2007
- Anonim.2007g. *Comparison Properties of Stainless Steel and NiTinol.* <http://www.jhonsonmattey.org/> diakses tanggal 15 September 2007
- Anonim.2007h. *Shape Memory Alloy.* <http://www.wikipedia.org> diakses tanggal 13 November 2007
- Anonim.2008i. *Actuator.* <http://www.power-technology.com/> diakses tanggal 12 Juni 2008
- Anonim.2008j. *Actuator.* <http://www.pcmag.com> diakses tanggal 12 Juni 2008
- Anonim.2008k. *Actuator.* <http://www.dictionary.die.net> diakses tanggal 12 Juni 2008
- Anonim.2008l. *Electrical Resistance.* <http://www.wikipedia.org/> diakses tanggal 10 Januari 2009
- Anonim. 2009m. *Joule Heating.* <http://www.wikipedia.org/> diakses tanggal 10 Januari 2009
- Anonim. 2009n. *Electricity.* <http://www.wikipedia.org/> diakses tanggal 10 Januari 2009
- Featherstone, R. et.al (2004). *Improving the Speed of Shape Memory Alloy Actuators by Faster Electrical Heating.* Dept. System Engineering, Australian Nation University Canberra ACT 0200, Australia.
- Harti, D. et.al.2007. *Aerospace Applications of Shape Memory Alloys.* Aerospace Engineerin Department Texas A&M University College Station.
- Hasan, M. Iqbal. *Pokok-pokok materi statistik 2* .2002. Jakarta :Bumi Aksara
- Hirose, S. et. al., 1989b, *Development of a Shape Memory Alloy Actuator. Improvement of the Output Performance by the Introduction of a s-Mechanism.* Advanced Robotics, Vol. 3, No. 2, pp. 89-108, VSP and Robotics Society of Japan.
- Lin, Richard, 2006. *Shape Memory Alloys and Their Application.* <http://www.stanford.edu/~richlin1/> sma/sma.html
- J.L. Pons. 2005. *Emerging Actuator Technologies: A Micromechatronic Approach.* John Wiley & Sons, Ltd.
- J. Peirs, et.al. 2001. *The True Power of SMA Micro-Actuation.* Katholieke Universiteit Leuven Department of Mechanical Engineering Celestijnenlaan 300B, 3001 Leuven, Belgium.
- Mosley, M. et.al. 1999. *Conventional Actuators, Shape Memory Alloys, and Electrorheological Fluids.* Departement of Mechanical and Aerospace Engineering Rutgers University, The State University of New Jersey.
- Sivananda, Pai Mizar. 2005. *Thermomechanical characterization of NiTiNOL and NiTiNOL based structures using ACES methodology.* Worcester Polytechnic Institute.
- Russell, S.M. 2001. *NiTinol Melting And Fabrication.* Jurnal. Fremont : SMST-2000 Conference Proceedings.
- Sears, et.al. 1962. *University and Colleges-Physics.* Addison-Wesley, London.
- Sreekumar, M. et.al.2007. *Critical review of current trends in shape memory alloy actuators for intelligent robots.* An International Jurnal.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Van der Wisjt, M.W.M, 1992. *Shape Memory Alloys featuring NiTinol*. Faculteit der
Werktuigbouwkunde. Eindhoven. Tidak diterbitkan